



Artikel

Kinderastronomie. Wie sich das Verständnis von der Form der Erde bei polnischen Kindern zwischen 5 und 10 Jahren entwickelt

Jan Amos Jelinek

Sonderausgabe

Naturwissenschaftliche Früherziehung: Forschungstrends im Bereich Lernen und Lehren

Herausgegeben von
Dr. Konstantinos Ravanis



Artikel

Kinderastronomie. Wie sich das Verständnis von der Form der Erde bei polnischen Kindern zwischen 5 und 10 Jahren entwickelt

Jan Amos Jelinek 

Institut für assistierte menschliche Entwicklung und Bildung, Maria-Grzegorzewska-Universität, 02-353
Warschau, Polen; jajelinek@aps.edu.pl

Zusammenfassung: Das Konzept der Form der Erde entwickelt sich, wenn aufeinanderfolgende kognitive Probleme (z. B. die Position von Menschen und Bäumen auf der kugelförmigen Erde) nach und nach gelöst werden. Die Festlegung der Reihenfolge der Problemlösung kann für die Organisation von Unterrichtssituationen wichtig sein. Diese Studie versuchte, die Reihenfolge der zu lösenden Probleme auf der Grundlage von Aufgaben aus dem EARTH2-Test zu bestimmen. Die Studie umfasste eine Gruppe von 444 Kindern im Alter von 5 bis 10 Jahren. Sie erfasste die Reihenfolge, in der Kinder kognitive Probleme auf dem Weg zur Konstruktion eines wissenschaftlichen Konzepts lösen. Die Testergebnisse wurden mit früheren Studien verglichen. Die Bedeutung kultureller Einflüsse, die mit signifikanten Unterschieden (24 %) in den Testergebnissen verbunden sind, wurde hervorgehoben. Die Aufmerksamkeit wurde auf das Problem der Konsistenz des in der Literatur hervorgehobenen Ansatzes der mentalen Modelle gelenkt. Die Analyse der einzelnen Antwortgruppen ergab eine hohe Konsistenz der Hinweise, die sich auf dasselbe Modell beziehen (36 %), was die Bedeutung des Konzepts der mentalen Modelle unterstreicht.

Schlüsselwörter: Form der Erde; konzeptionelle Entwicklung; mentale Modelle; Astronomie; EARTH2-Test; Wissen als Elemente; Wissen als Theorie; kulturelle Unterschiede



Zitierung: Jelinek, J.A.
Kinderastronomie. Entwicklung des
Konzepts der Form der Erde bei
polnischen Kindern zwischen 5 und 10
Jahren. *Educ. Sci.* **2021**, *11*, 75.
<https://doi.org/10.3390/educsci11020075>

Wissenschaftlicher
Herausgeber: Konstantinos
Ravanis Eingegangen: 22. Januar
2021
Angenommen: 9. Februar 2021
Veröffentlicht: 14. Februar 2021

Anmerkung des Herausgebers: MDPI
bleibt neutral in Bezug auf rechtliche
Ansprüche in veröffentlichten Karten
und institutionellen Zugehörigkeiten.



Copyright: © 2021 durch den Autor.
Lizenznehmer MDPI, Basel, Schweiz.
Dieser Artikel ist ein Open-Access-
Artikel, der unter den Bedingungen der
Creative Commons Attribution (CC BY)
Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
verbreitet wird.

1. Einleitung

Die Entwicklung von Konzepten über die Form der Erde und ihren Platz im Weltraum bei Kindern besteht in einer allmählichen Abkehr von persönlichen Erfahrungen [1–3]. Zunächst konstruieren Kinder auf der Grundlage alltäglicher Erfahrungen das Konzept einer Ebene Erde und entwickeln dann durch das Sammeln kulturell vermittelter Informationen wissenschaftlichere Konzepte [4–7]. Obwohl dieser Prozess schon seit Jahrzehnten erforscht wird [1,7–11], scheint das Thema der Konzeptentwicklung in Bezug auf die Form der Erde noch nicht abgeschlossen zu sein. Gründe dafür sind theoretische Zweifel daran, wie Kinder ihr Wissen aufbauen, und kürzlich aufgeworfene methodische Fragen im Zusammenhang mit der Kritik am Konzept der mentalen Modelle [12,13].

Befürworter des Konzepts „Wissen als Theorie“ [14–16], das auf dem Erbe von Jean Piaget [17] basiert, kamen zu dem Schluss, dass Kinder Erklärungen konstruieren, die in Funktion und Struktur wissenschaftlichen Theorien ähneln. Ihre Schlussfolgerungen basierten auf Studien, die überwiegend mit offenen Fragen durchgeführt wurden [1,18]. Wenn Kinder dazu ermutigt werden, ganze Aussagen zu machen, scheinen sie eine logische Erklärung für astronomische Objekte und Phänomene zu präsentieren [7]. Vosniadou und Brewer [1] bezeichnen diese schlüssigen Erklärungen zur Form der Erde als mentale Modelle.

Menschliche Erfahrungen gelten als Grundlage für die Erstellung mentaler Modelle. Auf dieser Grundlage entwickeln Kinder Konzepte [15], die Vosniadou aus Gründen der Konsistenz als Anfangsmodelle bezeichnet. Wenn Kinder mit Erklärungen von Erwachsenen in Kontakt kommen, beginnen sie allmählich, diese in ihre Erklärungen einzubeziehen und schaffen so synthetische Modelle. Es wird angenommen, dass Veränderungen in den Überzeugungen (Umstrukturierungen) nicht weltweit (wie von Piaget [19] beschrieben) stattfinden, sondern innerhalb eines bestimmten Bereichs, d. h. sie sind bereichsspezifisch [15]. Außerdem laufen diese Umstrukturierungen nicht reibungslos ab, da eine Art Widerstand zu beobachten ist [20]. Darüber hinaus geht eine solche Veränderung von Überzeugungen nicht mit einer Eliminierung einher, sondern eher mit einer Überschreibung [15,21].

Der Übergang von Intuitionen zu wissenschaftlichen Konzepten erfolgt schrittweise, und die Richtigkeit der dabei konstruierten Überzeugungen (synthetische Modelle) hängt von vielen Variablen ab: (a) die Menge der verfügbaren Informationen, insbesondere deren Qualität und Genauigkeit, (b) der Zugang zu wissenschaftlichen Erkenntnissen und das Ausmaß der Konkurrenz durch Allgemeinwissen, (c) die Anzahl der Situationen, in denen Kinder die Möglichkeit haben, über die Kugelform der Erde nachzudenken, sowie ihre geistigen Fähigkeiten [1,4,6,11,22–26].

Die mentalen Modelle der Erdform von Vosniadou und Brewer wurden in westlichen Ländern [11,27] und kürzlich auch in Polen [28] bestätigt. Aufgrund einiger beobachteter kultureller Unterschiede scheint es jedoch wichtig, die Modelle zu überprüfen, bevor man sie berücksichtigt. Die in polnischen Studien verwendete Methode war ein Interview, unterstützt durch praktische Aktivitäten – Kinder bauten Modelle der Form der Erde aus Plastilin und steckten Minifiguren hinein, um Menschen auf dem Planeten zu lokalisieren. Basierend auf den Aussagen der Kinder wurden drei Formen der Erde identifiziert: eine Kugel, eine flache Scheibe und ein stark abgeflachter Quader. In Bezug auf den Standort wurden fünf verschiedene Konzepte identifiziert:

- Mensch leben auf der Oberfläche der Erde, die ein ebener Quader ist (zwei Kinder),
- Menschen leben auf der Oberseite der Erde, die als ebene Scheibe dargestellt wird (11 Kinder),
- Mensch lebt auf der Ober- und Unterseite der Erde, die als ebene Scheibe dargestellt wird (ein Kind),
- Menschen leben nur auf der Spitze der kugelförmigen Erde (neun Kinder),
- Menschen leben auf allen Seiten der kugelförmigen Erde (26 Kinder).

Die mentalen Regeln, die Kinder bei der Erklärung der Form der Erde (Stütze und Flachheit) und kosmologischer Beziehungen (relative Positionen und Bewegungen von Objekten) leiten, wurden ebenfalls bestätigt. Im Prozess der Konzeptentwicklung sind diese Regeln ein wichtiger Teil bei der Entwicklung des Konzepts der Kugelform der Erde und des Phänomens von Tag und Nacht.

Die Idee der mentalen Modelle geht davon aus, dass Kinder ständig über eine bestimmte Menge an Informationen verfügen, aus denen sie kohärente Konzepte bilden. Andere Forscher weisen jedoch darauf hin, dass Kinder nicht immer eine fertige Erklärung parat haben, sondern spontan Antworten auf der Grundlage ihrer Erfahrungen erstellen – oberflächliche Interpretationen der Realität (p-prims [2]). Neuere Studien scheinen das Konzept des Wissens als Elemente zu bestätigen [3,12,13]. Es wird angenommen, dass Kinder beim Erleben von Objekten und Phänomenen Erfahrungen und Informationen, die sie von Erwachsenen hören, speichern (*Fragmentierung* [12]). Auf dieser Grundlage entwickeln sie Konzepte, die aber nicht so gut organisiert sind wie Theorien. Der größte Unterschied zwischen dem Konzept von Wissen als Theorie und Wissen als Elementen ist der Grad an Kohärenz und Organisation [17].

Vosniadou [21] erkennt zwar die Erkenntnisse der Fragmentaristen an, stellt jedoch fest, dass es einen Teil der Erklärungen von Kindern gibt, der sich nicht ändert (sie nennt ihn „Rahmen“). Sie stellt fest, dass die permanenten Elemente des Konzepts gleich bleiben, während sich die Elemente dieser Struktur ändern. Vosniadou betrachtete die Form der Erde als Rahmen, und zu den veränderlichen Elementen gehören unter anderem die Position von Menschen und Wolken. Um die Existenz von Modellen zu überprüfen, verwendeten die Befürworter der Fragmentierungstheorie die mentalen Modelle der Erdform von Vosniadou und Brewer [1,29] als Grundlage für einen Zwangsauswahltest [13]. Die Autoren des Tests gingen davon aus, dass man tatsächlich von stabilen mentalen Modellen sprechen könne, wenn die Befragten in ihren Antworten an ein und derselben Darstellung der Form der Erde festhielten. Die Autoren interpretierten die erzielten Ergebnisse als geringe Konsistenz der Angaben der Kinder und betonten die Bedeutung des Konzepts „Wissen als Elemente“.

In diesem Diskussionsklima entstand der EARTH2-Test. Der Test besteht aus neun Fragen und einer Reihe von Antworten, die in Form von Bildern dargestellt sind, die grafisch den mentalen Modellen von Vosniadou und Brewer entsprechen. Es wurde angenommen, dass die bisher verwendeten Methoden mit offenen Fragen und der Analyse der Kreationen der Kinder (Zeichnungen und Tonstrukturen) schwer zu interpretieren sind [24,30]. Man ging davon aus, dass ein Forced-Choice-Test das zuverlässigste Forschungsinstrument wäre [13]. Es wurde betont, dass ein solches Instrument es ermöglichen würde, die Vorstellungen der Kinder von der Form der Erde auf wirtschaftliche Weise zu diagnostizieren. Außerdem wurde die Tatsache, dass solche Instrumente tendenziell mehr Hinweise auf wissenschaftliche

Antworten zu liefern, als Mehrwert angesehen [10,24,30]. Die Gegner von Forced-Choice-Tests weisen aber auf deren Mängel hin. Sie betonen, dass die Begrenzung der Auswahl auf fünf oder sechs Antworten die Argumentation der Kinder nicht erfasst [21]. Es wurde darauf hingewiesen, dass mentale Modelle vom Einfluss der Kultur abhängen [22,23]. Der Einsatz von Forced-Choice-Methoden erfasst keine neuen Konzepte. Außerdem kann der Test die Argumentation von Kindern nicht identifizieren, wenn die Befragten mit keiner der Antworten einverstanden sind. Den Autoren des Tests zufolge haben Kinder bei gut formulierten Fragen keine Zweifel hinsichtlich der Auswahl der Antworten [13]. Um den diagnostischen Nutzen des Tests zu überprüfen, wurde ein Vergleich zwischen den Testergebnissen und dem Interview durchgeführt, bei dem eine statistische Konvergenz festgestellt wurde.

Bei näherer Betrachtung ist die verwendete Testmethode jedoch problematisch. Erstens kann das Lösen kognitiver Probleme durch Zeichnen und Modellieren sowie das bloße Nachdenken über die Antwort Überzeugungen verändern [30]. Die Kinder, die zuvor den Test mit vorgefertigten Bildern absolviert hatten und dann an der Befragung teilnahmen, hatten zunächst die Möglichkeit, über die Fragen nachzudenken (z. B. wo Menschen auf der Erde leben, wie sie sich fortbewegen) und beantworteten dann nach einer Art Suggestion dieselben Fragen während der Befragung. Als die Kinder antworteten, erinnerten sie sich an das Bild aus dem Test und sprachen während der Befragung darüber. Da die Ergebnisse sehr ähnlich waren, kann man davon ausgehen, dass das der Fall war. Was hier passiert ist, war, dass die Zeit zwischen dem Lösen des Tests und der Teilnahme am Interview zu kurz war. Da die Autoren von EARTH2 keine Erinnerungszeit angeben, sollte man davon ausgehen, dass die hohe Übereinstimmung der Test- und Interviewergebnisse auf die kurze Zeit zwischen dem Test und der Teilnahme der Kinder am Interview zurückzuführen ist. Vielleicht wäre die Übereinstimmung anders ausgefallen, wenn die Kinder zuerst vollständige Antworten hätten geben sollen und dann den Test gemacht hätten. Das wird durch die Tatsache belegt, dass in Tests mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten mehr richtige Antworten gegeben wurden als bei offenen Fragen [10,21].

Zweitens war das Interview eine Zwangswahl. Den Kindern wurden neun Fragen gestellt (ähnlich wie im EARTH2-Test). Das Interview begann mit der Auswahl eines von mehreren Modellen aus Polystyrolschaum. Auf der Grundlage des ausgewählten Modells sollten die Kinder dann Fragen zum Standort von Menschen, Bäumen, zur Fortbewegung der Menschen auf der Erde usw. beantworten. Die Wahl der Styroporform schränkte die Möglichkeit ein, das Denken der Kinder zu untersuchen. Während des Tests konnten die Kinder ihre Wahl nicht mehr auf ein anderes Modell der Erdform ändern, obwohl viele das wahrscheinlich gerne getan hätten, da der Test eine geringe Konsistenz bei der Wahl eines einzelnen Modells zeigte [13]. Änderungen bei der Wahl der Erdform wurden auch in späteren Studien berichtet [31].

Bisher wurde der EARTH2-Test für zwei Zwecke genutzt: (a) um den Wissenszuwachs in der experimentellen Forschung zu messen und (b) um die Theorie der mentalen Modelle zu überprüfen. Als Screening-Instrument wurde der Test von Yildiz, Güçhan Özgül und Saçkes [32] verwendet. Er war maßgeblich daran beteiligt, die pädagogischen Auswirkungen von Aktivitäten für Kinder in der experimentellen Forschung zu bestimmen. Die Studie wurde mit 44 Kindern im Alter von 5 bis 7 Jahren durchgeführt, um festzustellen, wie sie den Tag-Nacht-Zyklus und die Form der Erde verstehen.

Um das Konzept der mentalen Modelle zu testen, wurde der EARTH2-Test in Studien mit niederländischen [13] und griechischen [31] Kindern verwendet. Die Studie wurde mit großen Gruppen von Kindern durchgeführt, $N = 379$ und $N = 184$, im Alter von 4 bis 9 Jahren bzw. 6 bis 8 Jahren. Die latente Klassenanalyse (LCA) zeigte, dass Kinder sich nicht auf eine einzige Form der Erde festlegen, was als Widerspruch zur Konsistenz mentaler Modelle angesehen wurde. Die Studie ging nicht auf den Zusammenhang zwischen den Antworten der Kinder auf einzelne Fragen im Test ein. Sie beschränkte sich auf eine allgemeine Analyse aller Antworten als Indikatoren für mentale Modelle. Die Analyse der individuellen Entscheidungen – wie in diesem Artikel beschrieben – ermöglichte es uns jedoch, Rückschlüsse auf die Argumentation der Kinder zu ziehen und den Grad der Konsistenz zu bestimmen, während die Beziehungen zwischen den Antworten verschiedener Altersgruppen Informationen über die konzeptuelle Entwicklung in Bezug auf die Form der Erde und das Phänomen der Nachtdämmerung lieferten.

Wenn man die Denkweise von Kindern verstehen will, sollte man sich anschauen, wie der EARTH2-Test durchgeführt wird. Die ersten Anweisungen verraten nicht, dass die Kinder Fragen zur Form der Erde und damit zusammenhängende Probleme beantworten würden. So erkennt das Kind den Kontext der Studie, während es die aufeinanderfolgenden Testfragen lernt. Es wird davon ausgegangen, dass das Kind, wenn es die erste Frage hört (Wie sieht die Erde aus?), den Kontext der gesamten Studie erkennt, z. B. die Perspektive, aus der die Erde in jeder folgenden Frage betrachtet wird. Beim Lesen der aufeinanderfolgenden Fragen erwartet der Forscher, dass das Kind den Kontext errahnt und Antworten gibt, während die Atmosphäre der Stille und der Arbeit eines einzelnen Menschen während des Tests es einem Kind, das den Kontext nicht versteht, unmöglich macht, dem Forscher Fragen zu stellen. Wenn das Kind den Kontext zu spät versteht, kann es seine Antwort auf die vorherige Frage nicht mehr korrigieren, selbst wenn es merkt, dass sie falsch war, da der Forscher bereits die nächste Frage vorliest und erwartet, dass das Kind nur eine Antwort pro Frage markiert. Eine Forschungssituation mit einem Forced-Choice-Test schränkt also nicht nur die Formulierung der eigenen Überzeugungen ein (sie müssen zu einem der Bilder/Antworten passen), sondern begrenzt auch die Möglichkeit zur Selbstkorrektur. Bislang scheint diese Perspektive den Forschern, die diesen Test verwenden, entgangen zu sein, da sie sich auf die Analyse der Antworten der Kinder als Ganzes konzentriert haben.

Die bisher angewandte Forschungsmethodik wirft keine statistischen Bedenken auf, aber die Auslegungsrichtung gibt Anlass zu Verwirrung. Dafür gibt es mehrere Gründe: (a) Die Verwendung vorgefertigter Denkmodelle scheint kulturelle Einflüsse außer Acht zu lassen. Dabei hängt die Entwicklung der astronomischen Konzepte von Kindern vom Zugang zu wissenschaftlichen Erkenntnissen und dem konkurrierenden Allgemeinwissen ab [22,23]. (b) Die Argumentation über die Bedeutung einer eingehenden statistischen Analyse scheint die Bedeutung der qualitativen Forschung zu marginalisieren. Die Tatsache, dass die statistische Forschung auf gut beschriebenen mentalen Modellen der Form der Erde basiert, beweist jedoch die Bedeutung der qualitativen Forschung. Schließlich ermöglicht uns die Methode der durch Handlungen unterstützten Befragung (Erstellen von Plastilinmodellen und Zeichnungen), in die Denkweise des Kindes einzudringen und seine mentale Repräsentation der ihn umgebenden Welt zu beschreiben [1,29]. (c) Die Entscheidung, die Antworten eines einzelnen Menschen (Angaben) auf die Testfragen nicht zu analysieren, zeigt, dass die durchgeführte Forschung dem Zweck diene, ein allgemeines Verständnis der Argumentation von Kindern zu erlangen, ohne auf das Problem der konzeptuellen Entwicklung in Bezug auf die Form der Erde einzugehen. Da wir aber immer noch nicht in der Lage sind, den Prozess der Konstruktion grundlegender astronomischer Konzepte, z. B. der Form der Erde, vollständig zu beschreiben [31], schränkt die Nichtanalyse einzelner Fragen ein interessantes Forschungsfeld ein.

Dieser Artikel zeigt eine Analyse einzelner Hinweise zwischen den Fragen, z. B. zur Lage und Bewegung von Menschen auf der Erde (Fragen 2 und 7 von EARTH2) und zur Lage von Menschen, Wolken und Bäumen auf der Erde (Fragen 2, 3 und 5). Außerdem wurden die Ergebnisse im Zusammenhang mit einer früheren Studie interpretiert, die mit einer anderen Gruppe von Kindern durchgeführt wurde. Dabei wurden offene Fragen gestellt und eine Erde, ein Mond und eine Sonne aus Plastilin gebaut, in die Minifiguren gesteckt wurden, um die Position von Menschen auf der Erde zu markieren [28]. Die Ergebnisse der Studien mit dem EARTH2-Test werden durch die Schlussfolgerungen der Studien ergänzt, die mit einem Interview durchgeführt wurden. Die auf der Grundlage qualitativer (Interview) und quantitativer (Test) Untersuchungen gesammelten Daten werden nicht miteinander verglichen, sondern durch Interpretationen ergänzt, um das Wissen über den Prozess der konzeptuellen Entwicklung in Bezug auf die Form der Erde bei Kindern zu erweitern.

Die Studie versuchte, folgende Fragen zu beantworten: (1) Wo lokalisieren Kinder zwischen 5 und 10 Jahren Menschen und Bäume auf der Erde sowie Wolken am Himmel, wie erklären sie die Bewegung von Menschen und einem Ball auf der Erde und das Phänomen der Nacht? (2) Wie verändern sich die Konzepte der Kinder zwischen dem 5. und 10. Lebensjahr? (3) Wie konsistent sind die Konzepte der Kinder, wenn man ihre Antworten auf die einzelnen Fragen im EARTH2-Test vergleicht (aber nicht alle Antworten)? Außerdem sollte anhand eines Vergleichs der EARTH2-Testergebnisse festgestellt werden, ob es kulturelle Unterschiede gibt.

Für diesen Artikel wird der Begriff „mentale Modelle“ nur in Bezug auf die Antworten/Bilder im EARTH2-Test verwendet. An anderen Stellen wird der Begriff „Konzept“ benutzt oder, im Zusammenhang mit der Entwicklung: *Intuitionen*, *Konzeptentwürfe* und *wissenschaftsähnliche Konzepte*. Der Begriff „*Intuitionen*“ wird als die Essenz der Alltagserfahrung verstanden (Intuitionen entsprechen Anfangsmodellen), *Konzeptentwürfe* werden als mentale Konstrukte verstanden, die entstehen, wenn menschliche Erfahrungen mit Informationen von Erwachsenen kollidieren (sie entsprechen synthetischen Modellen), während *wissenschaftsähnliche Konzepte* entstehen, wenn Konzeptentwürfe verfeinert und wissenschaftliche Erkenntnisse aufgenommen werden (sie entsprechen wissenschaftlichen Modellen). Die Verwendung dieser Begriffe (a) folgt dem Verlauf der menschlichen Entwicklung (charakteristisch für mentale Modelle), (b) bezieht sich auf die Tradition von Konzepten als mentale Baumaterialien [19,33] und (c) und unter Berücksichtigung der (derzeit) umstrittenen Konsistenz der in der Definition von Vosniadou [1,21] übernommenen mentalen Modelle ermöglicht es uns, die Natur der Konstruktion von Repräsentationen sicher zu beschreiben.

2. Materialien und Methoden

In dieser Studie wurde der EARTH2-Test verwendet, der ins Polnische übersetzt wurde. Er wurde ausgewählt, weil:

(a) er darauf ausgelegt ist, die Vorstellungen von Kindern von der Form der Erde schnell zu ermitteln. (b) die Testfragen eine wissenschaftlich interessante Reihe von kognitiven Problemen enthalten, die Kinder auf dem Weg zur Konstruktion eines wissenschaftsähnlichen Konzepts lösen müssen. (c) Die unter polnischen Kindern durchgeführte Untersuchung [28] ergab keine anderen mentalen Modelle als die von Vosniadou und Brewer [1,29] beschriebenen, auf denen der Test basiert. Das Fehlen von Unterschieden hat Bedenken hinsichtlich kultureller Unterschiede ausgeräumt.

Der EARTH2-Test hat neun Fragen, die den Kindern in Form einer 10-seitigen Broschüre vorgelegt werden. Jede Frage hat fünf oder sechs Antworten, die als Bilder dargestellt sind. Es wird angenommen, dass das Kind durch die Auswahl eines Bildes (grafische Darstellung) dem Forscher ein mentales Modell zeigt, das seinem eigenen entspricht. Der Test umfasste die Ausgabe der Broschüren an die Kinder, das Vorlesen einer Reihe von Fragen durch den Forscher und das Warten darauf, dass die Kinder eine der vorgegebenen Antworten/Bilder auswählen.

Vierhundertvierundvierzig Kinder im Alter von fünf bis zehn Jahren ($M = 7,6$) nahmen an der Studie teil. Davon waren 99 Kinder fünf und sechs Jahre alt, 242 Kinder sieben und acht Jahre alt und 103 Kinder neun und zehn Jahre alt. In dieser Gruppe waren 252 Jungen und 192 Mädchen; 206 Kinder kamen aus einer Stadt (40.000 Einwohner) und die restlichen 238 Kinder aus einem 10 km entfernten Dorf.

3. Ergebnisse

Im EARTH2-Test bekamen die Kinder vorgefertigte Antworten/Bilder und sollten diejenige auswählen, die sie am passendsten fanden. Die detaillierten Antworten der Kinder auf alle Testfragen sind in Tabelle A1 (Anhang A) dargestellt. Diese Tabelle enthält auch Ergebnisse aus Studien mit niederländischen und griechischen Kindern, die später in diesem Artikel zusammengefasst werden.

3.1. Form der Erde

Auf die erste Frage: *Wie sieht die Erde aus?* antwortete die überwiegende Mehrheit der Kinder (98,6 %), dass sie eine Kugelform habe. Nur ein kleiner Prozentsatz (1,4 %) wählte eine andere Form der Erde. Es ist überraschend, dass alle 5-Jährigen bei der Auswahl der grafischen Darstellungen diejenige wählten, die den kugelförmigen Charakter der Erde betonte. Ähnliche Ergebnisse (96,6 %) wurden bei der Kontrollfrage (8) erzielt: *Welches Bild ähnelt der Erde am meisten?* Ich möchte hinzufügen, dass in einer Studie, die mit einem Stück Plastilin durchgeführt wurde, nur 71,4 % (35 von 49 Befragten) der Meinung waren, dass die Erde kugelförmig ist.

Tabelle 1 fasst die Antworten auf beide Fragen zusammen. Die erste Spalte enthält schematische Darstellungen der Form der Erde aus dem EARTH2-Test, geordnet vom wissenschaftlichen Modell bis zum ursprünglichen Modell. Bei der Darstellung der Antworten auf Frage 8 geben wir die Anzahl der Kinder an, die Bilder markiert haben, die in beiden Fragen dem gleichen Modell (d. h. dem wissenschaftlichen Modell) entsprechen

Fragen Bilder markiert haben, die dem gleichen Modell (d. h. dem wissenschaftlichen Modell) entsprechen. Diese Zusammenfassung zeigt, inwieweit die befragten Kinder sich an die vorab ausgewählten Antworten gehalten haben (Konsistenz).

Tabelle 1. Konsistenz der Antworten auf die Fragen „Wie sieht die Erde aus?“ (1) und „Welches Bild ähnelt der Erde am meisten?“ (8).

Frage 1	Anzahl von Indikationen	Frage 8	Anzahl von Indikationen ¹	Alter		
				5-6	7-8	9-10
	438 98,6		426 95,9	94,9	95,5	98,1
	4 0,9 %		2 0,5		0,4	1
						
	1 0,2					
						
	1 0,2		1 0,2		0,4	

¹Die Prozentsätze ergeben zusammen nicht 100 %, weil sie nur den Anteil der Kinder zeigen, die in den Fragen 1 und 8 die gleiche Form der Erde angegeben haben.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Kinder jeder Altersgruppe beim Lösen des EARTH2-Tests darauf hingewiesen haben, dass die Frage zur Form der Erde schon mal gestellt wurde, was zeigt, dass sie sich der Art der vorherigen Antworten bewusst waren. Das ist wichtig, weil die Reihenfolge, in der die Fragen gestellt wurden, die Antworten beeinflusst hat. Bei den Fragen 1 und 8 konnten sich Kinder, die verschiedene grafische Darstellungen (Bilder) gewählt hatten, entweder nicht an die Fragen erinnern oder waren sich über die Form der Erde unsicher.

Die Anzahl der Hinweise auf die Kugelform der Erde änderte sich, als die Kinder die folgenden Fragen beantworteten. Wenn sie eine Frage zum Standort und zur Bewegung von Menschen und Objekten beantworteten, verzichteten sie nach und nach auf Hinweise auf Bilder der kugelförmigen Erde. Die Details sind in Tabelle 2 dargestellt. Im Test, z. B. in Frage 2: *Welches Bild zeigt am besten, wo die Menschen auf der Erde leben?* wurde die kugelförmige Erde durch zwei Bilder dargestellt: (a) Menschen leben auf allen Seiten der Erde (wissenschaftliches Modell) und (b) Menschen leben nur auf der Oberseite der Erde (synthetisches Modell), und die folgende Tabelle enthält Hinweise für beide Antworten/Bilder.

30 % der Kinder gaben in allen Testfragen (*Wähle das Bild aus, das am besten ...*) konsequent die Kugel der Erde an. Die Anzahl der Angaben stieg in jeder Altersgruppe von 15 % bei den Fünf- und Sechsjährigen auf 49 % bei den Neun- und Zehnjährigen. Diese Kinder hatten bereits ihre Intuition (die Erde ist eben) zugunsten von Konzeptumrissen (die Erde ist kugelförmig) aufgegeben. Es zeigte sich, dass Kinder mit zunehmendem Alter immer sicherer waren, dass die Erde kugelförmig ist.

Interessanterweise wählten 5,9 % aller Kinder Bilder, die eine Ebene Erde zeigen, wenn bei der Analyse die Antworten auf die Fragen 1 und 8, also direkte Fragen zur Form der Erde, übersprungen wurden. In den Fragen 1 und 8 wählten diese Kinder, vermutlich um den Erwartungen der Erwachsenen gerecht zu werden, ein Bild, das eine kugelförmige Erde zeigt, und/oder ein Bild einer kugelförmigen Erde, das ihnen vertraut ist (Bücher, Fernsehen).

Tabelle 2. Anteil der Angaben zu Bildern, die eine kugelförmige Erde zeigen.

Frage (Anzahl der Antworten, die die Kugelförmiges Bild der Erde).	Prozentualer Anteil Hinweise	Alter		
		5–6	7–8	9–10
1. Wie sieht die Erde aus? (hohl, wissenschaftlich)	98,6	100	97,9	99,0
2. Welches Bild zeigt am besten, wo die Menschen auf der Erde leben? Die Erde? (hohl, wissenschaftlich)	83,8 %	79,8	83,1	89,3
3. Welches Bild zeigt am besten, wo die Wolken sind? wissenschaftlich) (hohl, wissenschaftlich)	81,1 %	76,8	79,8	88,3
4. Welches Bild zeigt am besten, was passiert, wenn ein Riese tritt einen Baum richtig runter? (hohl, wissenschaftlich)	68,2 %	63,6	68,2	72,8
5. Welches Bild zeigt am besten, wo die Räume auf dem Riese tritt einen Baum richtig runter? (hohl, wissenschaftlich)	62,2 %	53,5	62,4	69,9
6. Wo ist die Sonne nachts? (Hohlraum, keine Schwerkraft, wissenschaftlich)	46,4 %	27,3	46,7	64,1
7. Was passiert, wenn du auf einer geraden Linie gehst? wissenschaftlich)	45,0 %	27,3	45,4	62,1
8. Welches Bild zeigt am ehesten wie die Erde aus? (dual wissenschaftlich)	44,1 %	27,3	43,4	62,1
9. Welches Bild zeigt am besten, wie die Nacht hereinbricht? (hohl, Erde, hohl, wissenschaftlich)	30,2 %	15,2	28,1	49,5

3.2. Standort und Bewegung von Menschen auf der Erde

Im EARTH2-Test haben Kinder die Frage beantwortet: (2) *Welches Bild zeigt am besten, wo die Menschen auf der Erde leben?* Überraschend viele Kinder (62,6 %) haben das Bild ausgewählt, auf dem Menschen rund um den Planeten zu sehen sind (Tabelle A1 in Anhang A). In einer Studie, in der Kinder, nachdem sie die Form der Erde aus Plastilin geformt hatten, Lego-Minifiguren hineinsteckten, platzierten nur 53,1 % (26 von 49 Kindern) die Menschen um die kugelförmige Erde herum und konnten dies auch verbal begründen.

Beim Vergleich der Frage (2) „Welches Bild zeigt am besten, wo die Menschen auf der Erde leben?“ mit der Frage (7) „Was passiert, wenn man sehr lange auf einer geraden Linie entlanggeht?“ (Tabelle 3) stellte sich jedoch heraus, dass mehr als 13 % der Kinder die wissenschaftliche Antwort verwarfen.

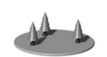
Tabelle 3. Wo Menschen leben und wie sie sich auf der Erde fortbewegen.

Frage 2	Anzahl von Indikationen	Frage 7	Anzahl von Indikationen ¹	Alter		
				5–6	7–8	9–10
	278 62,6		218 49,1	28,3	49,6	68
	99 22,3		15 3,4	8,1	2,9	
	5 1		0			
	26 5,9		9 2	1	2,9	1
	36 8		7 1,6	2	1,7	1
			3 0,7	2	0,4	

¹Die Prozentsätze ergeben zusammen nicht 100 %, weil sie nur den Anteil der Kinder zeigen, die in den Fragen 2 und 7 die gleiche Form der Erde angegeben haben.

Um Menschen auf der Erde zu lokalisieren, müssen Kinder in ihrer Argumentation Folgendes kombinieren: (a) den Glauben an die Kugelform der Erde (für viele Kinder ist die Vorstellung einer Ebene Erde aufgrund ihrer direkten Erfahrungen näherliegend) und (b) ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweise der Schwerkraft. Dazu können Intuitionen (Objekte können auch von kugelförmigen Objekten fallen) und Konzeptumrisse (im Zentrum der Erde befindet sich etwas, das Objekte anzieht, sodass sie nicht herunterfallen) gehören. Die Daten in Tabelle 4 zeigen, dass die Anzahl der Kinder, die sich konsequent von der Überzeugung leiten lassen, dass die Erde kugelförmig ist, mit zunehmendem Alter steigt. Dazu gehört auch ein intuitives Verständnis des Phänomens des Erdmagnetismus, das impliziert, dass Menschen sich auf der Erdoberfläche bewegen können, ohne befürchten zu müssen, von der Erde zu fallen und ins All zu schweben.

Tabelle 4. Konsistenz der Antworten auf Fragen zum Standort von Menschen, Bäumen und Wolken.

Frage 2	Anzahl von Angaben	Frage 3	Anzahl von Indikationen ¹	Frage 5	Anzahl von Indikationen ²
	27 62,6		207 46,6		157 35,4
	99 22,3		51 11,5		35 7,9
	5 1,1		5 1,1		1 0,2
	26 5,9		6 1,4		5 1,1
	36 8		10 2,3		10

¹Die Prozentsätze ergeben zusammen nicht 100 %, weil sie nur den Anteil der Kinder zeigen, die in den Fragen 2 und 3 die gleiche Form der Erde angegeben haben. ²Die Prozentsätze ergeben zusammen nicht 100 %, weil sie nur den Anteil der Kinder zeigen, die in den Fragen 2, 3 und 5 die gleiche Form der Erde angegeben haben.

Interessant ist, dass von den 99 Kindern, die in Frage 2 sagten, dass Menschen nur auf der Oberseite des Planeten leben, ganze 63 auch meinten, dass man um die kugelförmige Erde herumgehen kann und es unmöglich ist, herunterzufallen (sie wählten das wissenschaftliche Modell). Diese Art von Inkonsistenz hängt mit der Lösung des Problems der Schwerkraft der Erde und ihrem Einfluss auf das menschliche Leben zusammen. Diese Kinder haben wahrscheinlich versucht, sich an alle verfügbaren Informationen über Fälle zu erinnern, in denen Menschen von der Erde gefallen sind, und da sie keine gefunden haben, haben sie beschlossen, dass dies unmöglich ist.

Die Analyse der Angaben von 62 Kindern (14 % der Befragten), die im Test ein flaches Modell der Erde ausgewählt hatten, hat gezeigt, dass nur 4 % während der gesamten Studie konsequent diese Form der Erde gewählt haben.

3.3. Standort von Menschen, Bäumen und Wolken

Im EARTH2-Test beantworteten die Kinder folgende Fragen: Welches Bild zeigt am besten, wo die Menschen auf der Erde leben? (Frage 2), Welches Bild zeigt am besten, wo sich die Wolken befinden? (Frage 3) und Welches Bild zeigt am besten, wo sich die Bäume auf der Erde befinden? (Frage 5). Die Anzahl der Antworten für jede dieser Fragen ist in Tabelle A1 (Anhang A) aufgeführt. Inhaltlich hängen die Themen, die diese Fragen behandeln, zusammen. Wolken schweben in einer bestimmten Höhe im Weltraum und können anders interpretiert werden als der Standort von Menschen oder Bäumen auf der Erde. Durch den Vergleich der Antworten auf diese Fragen lässt sich jedoch feststellen, woran sich Kinder bei der Interpretation des Standorts dieser Objekte orientieren.

Tabelle 4 zeigt die Anzahl der Kinder, die bei der Auswahl der Antworten/Bilder zu den aufgeführten Fragen Konsistenz zeigten. Die erste Spalte zeigt die grafischen Darstellungen der Position von Menschen auf der Erde in Bezug auf Frage 2 des EARTH2-Tests zusammen mit der Anzahl der Angaben zu jeder Antwort. Die folgenden Spalten zeigen die Antworten und die Anzahl der Kinder, die während des gesamten Tests bei derselben Auswahl geblieben sind.

Die Daten in Tabelle 5 zeigen, dass mehr als ein Drittel (35,4 %) aller befragten Kinder (im Alter von 5 bis 10 Jahren) so sicher sind, dass die Erde kugelförmig ist, dass sie Rückschlüsse auf die Position von Menschen und Bäumen auf der Erde und Wolken am Himmel ziehen können. Diese Kinder wählten Bilder, die zeigen, dass Menschen und Bäume sich um die kugelförmige Erde herum befinden und Wolken am Himmel von überall auf der Erde sichtbar sind. Dieses astronomische Wissen wurde sowohl von 5- und 6-Jährigen (16 %), 7- und 8-Jährigen (33,1 %) als auch von 9- und 10-Jährigen (59,2 %) gezeigt.

Tabelle 5. Wo Menschen leben und wie sie sich auf der Erde bewegen.

Frage 4	Anzahl von Angaben	Frage 7	Anzahl von Indikationen ¹	Alter		
				5–6	7–8	9–10
	224 50,5		204 45,9	31,3	47,1	57,3
	122 27,5		34 7,7	13	7,9	1,9
	16 3,6		1 0,2	1		
	34 7,7		16 3,6	2	4,5	2,9
	35 7,9		11 2,5	2	2,9	1,9
	13 2,9		1 0,2			
					0,4	

¹Die Prozentsätze ergeben zusammen nicht 100 %, weil sie nur den Anteil der Kinder zeigen, die in den Fragen 4 und 7 die gleiche Form der Erde angegeben haben.

In den nächsten beiden Zeilen der Tabelle sind die Daten für die Kinder aufgeführt, die bei den drei oben genannten Fragen Bilder ausgewählt haben, auf denen die Erde als Kugel oder leicht abgeflachter Ball dargestellt ist. Allerdings haben sie Menschen und Bäume nur auf der oberen oder auf der oberen und unteren Oberfläche der abgeflachten Erde platziert. Sie haben Wolken am Himmel platziert, die die Erde nur an bestimmten Stellen umhüllten – oben oder unten und oben auf der Erde. Dies war bei 8 % der Kinder der Fall, d. h. bei 36 Befragten.

Die letzten beiden Zeilen zeigen Daten zu 15 Kindern (etwas mehr als 3 % aller Befragten), die im EARTH2-Test Bilder einer Ebene Erde mit Menschen und Bäumen auf einer ebenen Oberfläche und Wolken am Himmel, die von der Ebene Erde aus sichtbar sind, ausgewählt haben.

3.4. Bewegung eines Balls und von Menschen auf der Erde

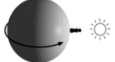
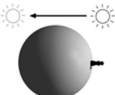
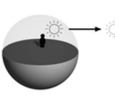
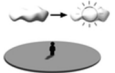
Im EARTH2-Test gibt es zwei separate Fragen zur Bewegung von Menschen und einem getretenen Ball auf der Erdoberfläche. Nach dem Anhören jeder Frage wurden die Kinder gebeten, eines von mehreren Bildern auszuwählen, das sie für richtig hielten. Die Daten zu diesen Antworten sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die erste Spalte enthält die Antworten auf Frage (4) „*Welches Bild zeigt am besten, was passiert, wenn ein Riese einen Ball richtig hart kickt?*“ und die zweite Spalte die Antworten auf Frage (7) „*Was passiert, wenn man sehr lange auf einer geraden Linie entlanggeht?*“.

Um Fragen zu Bewegungen auf der Erdoberfläche zu beantworten, müssen Kinder ein gewisses Verständnis von Schwerkraft haben. In polnischen Schulen wird das Phänomen der Schwerkraft erst in der vierten Klasse behandelt, sodass die befragten Kinder keine Gelegenheit hatten

, dies in der Schule zu lernen. Es ist auch schwer zu erwarten, dass Eltern (im außerschulischen Bereich) ihrem Kind die Folgen dieses Phänomens erklären. Auch in den verfügbaren Publikationen über Naturphänomene wird Kindern das Phänomen der Schwerkraft nicht nähergebracht.

Trotzdem zeigen die Daten in der ersten Zeile von Tabelle 6, dass fast die Hälfte der Befragten (45,9 %) konsequent angibt, dass sich Menschen und Gegenstände (ein Ball) über die gesamte Oberfläche der kugelförmigen Erde bewegen. Diese Kinder verwenden wissenschaftlich anmutende Konzepte, wenn sie über die Bewegung von Gegenständen auf der Erdoberfläche nachdenken. Die anderen befragten Kinder teilten diese Meinung nicht, wie die Daten in den anderen Zeilen der Tabelle zeigen. Daher:

Tabelle 6. Übereinstimmung der Antworten auf die Frage nach dem Standort der Sonne in der Nacht sowie nach Einbruch der Dunkelheit.

Frage 6	Anzahl von Angaben	Frage 9	Anzahl von Indikationen ¹	Alter		
				5–6	7–8	9–10
	241 54,3		69 15,5	4	15,3	27,2
	46 10,4		18 4,1	3	4,5	3,9
	33 7,4		5 1,1	2	1,2	
	87 19,6		56 12,6	21,2	12,8	3,9
	37 8,9		15 3,4	6	3,7	

¹Die Prozentsätze ergeben zusammen nicht 100 %, weil sie nur den Anteil der Kinder zeigen, die in den Fragen 6 und 9 die gleiche Form der Erde angegeben haben.

- Die zweite und dritte Zeile zeigen, wie viele Kinder dachten, dass die Erde rund oder eine Kugel ist, aber auch, dass man von der Erde runterfallen kann. Diese Kinder (35) hatten immer die gleiche Meinung, wenn es um die Bewegung eines Balls und von Menschen auf der Oberfläche ging, aber beim Ausmalen der Bilder waren sie überzeugt, dass die Erde eine Grenze hat, von der man runterfallen kann.
- Die vierte, fünfte und sechste Zeile zeigen, wie viele Kinder dachten, dass die Erde eben ist und dass sich sowohl Menschen als auch Bälle nur auf ihrer Oberseite bewegen. Das Gleiche gilt für die Meinung der Kinder, die glauben, dass Menschen und Bälle von der Erde fallen könnten, wenn sie nicht am Rand der Scheibe anhalten.

Die größte Diskrepanz bei der Anwendung von Überzeugungen über die Bewegung eines Balls und von Menschen auf der Erde wurde bei den synthetischen Modellen beobachtet. Über 27 % der Kinder glaubten, dass ein Ball von der Erde fallen könnte, aber nur 7,7 % der Kinder glaubten, dass dies auch Menschen passieren könnte. Siebzig Kinder dachten, dass ein Ball von der Erde fallen könnte, ein Mensch aber nicht. Der Unterschied könnte damit zusammenhängen, dass der Ball im Gegensatz zu einem Menschen leblos oder unbeweglich ist. Wenn die Reihenfolge der Fragen anders gewesen wäre (z. B. zuerst die Frage zur Bewegung von Menschen und dann die zum Ball), wären die Ergebnisse wahrscheinlich anders ausgefallen.

3.5. Das Phänomen von Tag und Nacht

Was Kinder über das Phänomen von Tag und Nacht denken, lässt sich durch einen Vergleich der Antworten auf die Fragen „Wo ist die Sonne in der Nacht?“ (6) und „Welches Bild zeigt am besten, wie die Nacht hereinbricht?“ (9) feststellen. Daten zur Konsistenz der Bildauswahl sind in Tabelle 6 zu finden.

Bei der Erklärung des Phänomens des Einbruchs der Nacht zeigen die Kinder die größte Inkonsistenz. In allen vorherigen Aussagen betrafen die Inkonsistenzen synthetische Modelle; hier betrifft das Problem das wissenschaftliche Modell. Nur 15,5 % der Befragten verwendeten bei Fragen zur Nacht durchgängig das wissenschaftliche Modell. Die Angaben der Mehrheit der übrigen Kinder waren grob gesagt zwischen zwei Antworten/Bildern aufgeteilt. Von allen Befragten wählten 18,9 % (84 Kinder) ein Bild, auf dem die Sonne am oberen Rand entlangwandert, und 16,4 % (73) der Kinder wählten ein Bild, auf dem die Sonne über dem Horizont untergeht.

Die Daten in Tabelle 7 zeigen, dass etwa 4 % der Befragten davon überzeugt waren, dass die Erde eine Kugel ist, aber die Helligkeit des Tages nicht mit dem Sonnenlicht in Verbindung brachten. Die Daten in der dritten, vierten und fünften Zeile zeigen, dass etwa 17 % der Kinder Bilder wählten, die verschiedene Varianten einer Ebene Erde mit der Sonne über der Oberfläche einer solchen Erde zeigten.

Tabelle 7. Prozentsatz der Bildauswahl nach Altersgruppe.

Frage	Modell	Alter		
		5-6	7	9-10
1. Wie sieht die Erde aus?	Anfang	0,0	0,4	0,0
	Synthetisch	0,0	1,7	1,0
	Wissenschaftlich	100	97,9	99,0
2. Welches Bild zeigt am besten wo die Menschen auf der Erde?	Anfang	15,2	7,0	3,9
	Synthetisch	36,3	31,8	16,5
	Wissenschaftlich	48,5	61,2	79,6
3. Welches Bild zeigt am besten wo die Wolken sind?	Anfangswert	5,0	4,1	1,0
	Synthetisch	55,5	34,3	19,4
	Wissenschaftlich	39,4	61,6	79,6
4. Welches Bild zeigt am besten was passiert, wenn ein Riese einen Ball richtig hart tritt?	Anfang	9,0	11,2	11,7
	Synthetisch	48,6	38,8	29,2
	Wissenschaftlich	42,4	50,0	59,2
5. Welches Bild zeigt am besten auf der Erde wo die Bäume stehen?	Anfangswert	23,2	12,4	7,8
	Synthetisch	48,4	36,0	27,2
	Wissenschaftlich	28,3	51,7	65
6. Wo ist die Sonne nachts?	Anfang	53,5	25,0	9,7
	Synthetisch	22,2	17,4	14,5
	Wissenschaftlich	24,2	57,4	75,7
7. Was passiert, wenn du gehst? eine gerade Strecke für eine sehr lange Zeit?	Anfang	6,0	1,7	0,0
	Synthetisch	34,3	26,8	17,4
	Wissenschaftlich	59,6	71,5	82,0
8. Welches Bild sieht aus wie das die Erde am besten?	Anfangswert	2,0	1,2	1,9
	Synthetisch	3,0	2,1	0,0
	Wissenschaftlich	94,9	96,7	98,1
9. Welches Bild zeigt am besten, wie die Nacht hereinbricht?	Anfangswert	59,6	49,6	35,0
	Synthetisch	27,3	31,8	32,0
	Wissenschaftlich	13,1	18,6	34,0
Gesamt	Anfangs	19,3	12,6	7,9
	Synthetisch	30,6	24,5	17,5
	Wissenschaftlich	50,1	62,9	74,6

3.6. Aufschlüsselung der mentalen Modelle nach Alter

In Tabelle 7 findest du detaillierte Daten dazu, wie oft Kinder Bilder ausgewählt haben, die Intuitionen, konzeptuellen Entwürfen und wissenschaftlichen Konzepten entsprechen. Die Tabelle zeigt, wie sich die mentalen Modelle jedes einzelnen Menschen in jeder Altersgruppe verteilen.

Die Anzahl der richtigen Vorstellungen über die Form der Erde, die Lage von Menschen, Bäumen und Wolken auf der Erde, die Schwerkraft und das Phänomen von Tag und Nacht steigt

bei Kindern zwischen 5 und 10 Jahren. Die Studie zeigte auch, wie stark sich diese Veränderungen bei Kindern auswirken. Es zeigt sich, dass diese Entwicklung nicht in allen getesteten Bereichen in Bezug auf astronomische Objekte und Phänomene gleich ist. Mit zunehmendem Alter steigt die Anzahl wissenschaftlich fundierter Antworten in den folgenden Bereichen: Vorstellungen über die Lage von Menschen, Bäumen und Wolken, Bestimmung der Bewegungsmöglichkeiten des Menschen auf der Erde und das Verhalten von Objekten auf der Erdoberfläche (getretener Ball). Parallel zur Zunahme wissenschaftlicher Erklärungen sinkt die Anzahl der Kinder, die vorläufige und vereinfachte Modelle zu denselben Themen bevorzugen.

Diese Veränderungen gelten für alle Modelle mit Ausnahme des Modells der hohlen Erde. Hinweise auf Bilder, die z. B. Menschen zeigen, die in der Mitte einer hohlen Erde leben, Bäume und Wolken innerhalb der Kuppel der Erde, bleiben in allen untersuchten Entwicklungsstadien gering (ca. 6–10 %). Es scheint, dass die Vorstellung eines ebenen, von einer Kuppel umschlossenen Raums es relativ einfach macht, bestimmte Phänomene zu erklären, wie z. B. solche, die mit der Schwerkraft zusammenhängen. Es scheint, dass Kinder nicht über die Richtung der Kraft (oder ihre Quelle) nachdenken und sich auf Informationen verlassen, die sie von Erwachsenen gehört haben, dass es *unmöglich* sei, *von der Erde zu fallen*. Da es leicht ist, von der Ebene einer Scheibe zu fallen (schließlich ähnelt sie der Oberfläche eines Tisches), muss es ein anderes Bild von der Ebene der Erde geben, das eine Art Grenze enthält, die nicht überschritten werden kann. Die Krümmung einer Kugel, die von innen gesehen wird und den Eindruck einer Wand vermittelt, verhindert ein Herunterfallen vom Planeten. Bei dieser Art von Argumentation wird das Problem der Schwerkraft nicht gelöst, sondern einfach eliminiert. Interessant ist auch, dass die meisten Verweise auf die Flachheit der Erde als Antwort auf die Frage nach der Erklärung des Phänomens der Nacht erscheinen. Dies könnte auf ein unterschiedliches Verständnis der Testfragen zurückzuführen sein (*Wo ist die Sonne in der Nacht? Und welches Bild zeigt am besten, wie die Nacht hereinbricht?*)

Eine Analyse der Auswahl der Kinder hinsichtlich der Bilder, die die Form der Erde, die Position von Objekten (Menschen und Dinge) und deren Bewegung auf der Erde, die Beziehung zwischen Erde und Sonne sowie das Phänomen von Tag und Nacht darstellen, zeigte, dass sich die Auswahl der grafischen Darstellungen (im EARTH2-Test) mit zunehmendem Alter deutlich verändert. Die jüngsten Befragten (5- und 6-Jährige) wählten deutlich häufiger Bilder, die ihren Alltagserfahrungen entsprachen (ursprüngliche Modelle), während ältere Kinder eher Bilder wählten, die ein Phänomen allgemeiner darstellten und mit einer wissenschaftlichen Erklärung in Verbindung standen. Mit zunehmendem Alter nutzen Kinder immer weniger ihre Intuition und können Phänomene eher mit wissenschaftlichen Konzepten erklären, während die Prozentsätze zeigen, dass mehr als die Hälfte der jüngsten Kinder wissenschaftliche Modelle zeigen. Bei den ältesten Befragten bleiben nicht-wissenschaftliche mentale Modelle bis zum Alter von 10 Jahren bestehen.

3.7. Die Reihenfolge der Problemlösung beim Entstehen des Konzepts der Erdform

Die Testfragen wurden so gestaltet, dass sie Bereiche abdecken, in denen die Form der Erde ein bedeutendes kognitives Problem darstellt. Bei der Konstruktion des Konzepts einer kugelförmigen Erde müssen Kinder jedes dieser Probleme lösen, um ein wissenschaftliches Konzept zu entwickeln. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Zahl der Kinder, die wissenschaftliche Modelle angeben, mit zunehmendem Alter steigt. Da der Prozentsatz der Angaben jedoch von Frage zu Frage variiert, kann ihre Analyse Aufschluss über die Reihenfolge geben, in der diese Probleme gelöst werden. Es wurde angenommen, dass, wenn in einer bestimmten Altersgruppe der Prozentsatz der richtigen Antworten bei einer von zwei Fragen (Problemen) höher ist, dies bedeutet, dass die Kinder das eine Problem früher gelöst haben als das andere. Auf diese Weise lässt sich durch den Vergleich des Prozentsatzes der richtigen Antworten auf jede der Testfragen die Reihenfolge der Problemlösung im Prozess der Konzeptbildung zur Form der Erde bestimmen. Die hier angenommene Erklärung lässt sich als schrittweise Integration des Konzepts einer kugelförmigen Erde in die Konzeptstruktur beschreiben, die zuvor vom Konzept einer Ebene Erde dominiert war.

Drei Arten von Fragen wurden in die Analyse einbezogen: (a) die Position von Menschen, Bäumen und Wolken, (b) die Bewegung von Objekten auf der Erdoberfläche (Mensch und ein getretener Ball) und (c) die Phänomene von Tag und Nacht. Die Prozentsätze der richtigen Antworten auf alle Testfragen sind in Abbildung 1 zusammengefasst.

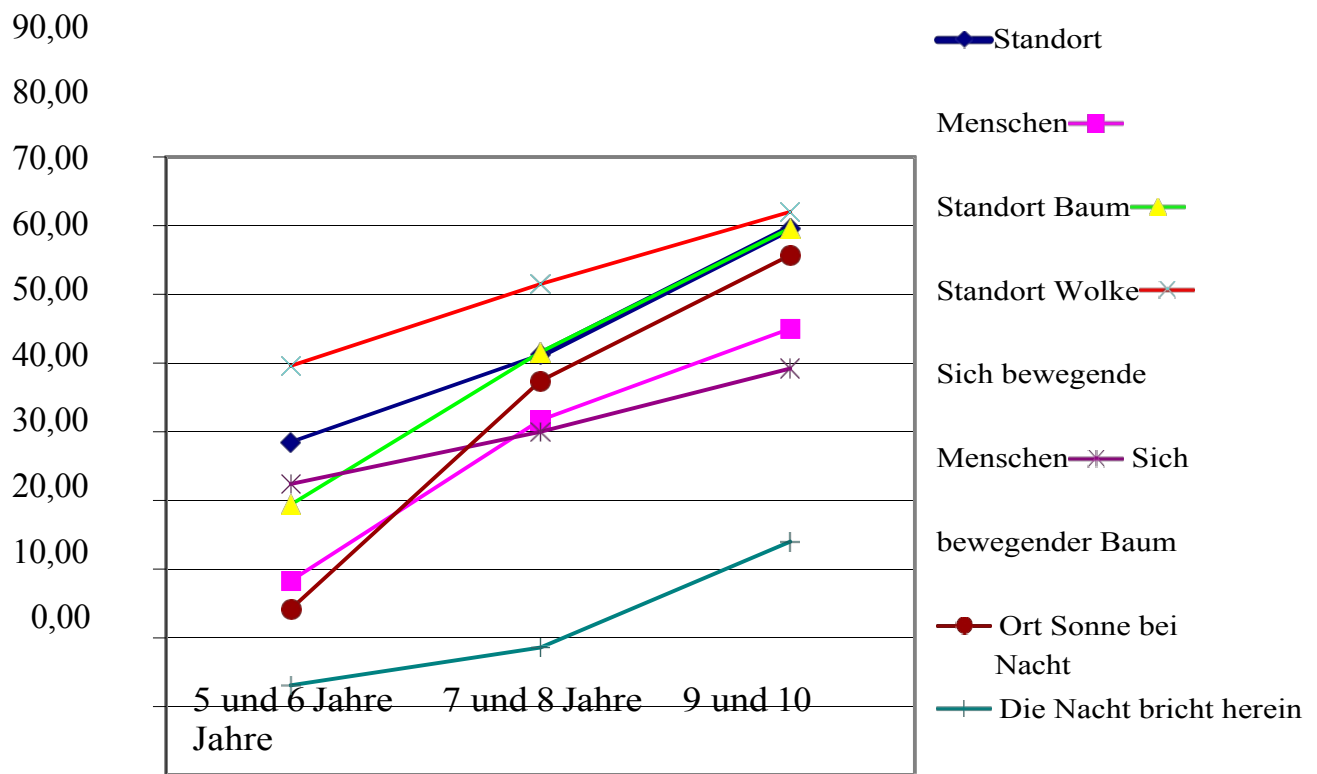


Abbildung 1. Angabe wissenschaftlicher Modelle in Bezug auf das Alter.

Die diagonalen Linien im Diagramm zeigen einen Aufwärtstrend bei der Anzahl der richtigen Angaben für alle analysierten Fragen. Die Analyse der Fragen zum Standort hat gezeigt, dass in jeder Altersgruppe

- bei der Erklärung der Position von Menschen auf der Erde die größte Gruppe von Kindern von der Vorstellung der Kugelform der Erde ausgeht. Dies ist wahrscheinlich auf die Konfrontation persönlicher Erfahrungen mit dem Wissen über die Folgen der Kugelform der Erde zurückzuführen;
- etwas weniger Kinder in der Lage waren, die Schlussfolgerung über den Standort von Menschen auf einer kugelförmigen Erde auf den Standort von Wolken am Himmel, die die Erde umgeben, zu übertragen. Möglicherweise besteht das Hindernis in der alltäglichen Erfahrung, die Bewegung der Wolken am Himmel zu beobachten, was die Intuition über die Flachheit der Erde zu bestätigen scheint;
- Die kleinste Gruppe von Kindern kann eine Schlussfolgerung über den Standort von Menschen auf den Standort von Bäumen auf der Erde übertragen. Das liegt wahrscheinlich daran, dass Kinder selten (oder gar nicht) die Gelegenheit hatten, über den Standort von Bäumen auf dem Globus nachzudenken.

Die Tatsache, dass Bäume am schwierigsten auf der Erde zu lokalisieren waren, gefolgt von Wolken, während Menschen am einfachsten zu lokalisieren waren, lässt den Schluss zu, dass dies die Schritte sind, mit denen die Kinder das Konzept einer kugelförmigen Erde in ihre konzeptuelle Struktur in Bezug auf die Lokalisierung von Objekten auf der Erdoberfläche einfügen. Das löst das Problem, zuerst Menschen, dann Wolken und dann Bäume zu lokalisieren. Dies wird wahrscheinlich auch durch Bilder beeinflusst, die Kindern zur Verfügung stehen, z. B. Bilder der Erde aus dem Weltraum, auf denen Wolken den blauen Planeten umgeben (kultureller Einfluss). Ähnliche Ergebnisse liefert die Analyse der Bewegung von Menschen und einem Ball auf der Erde. Kinder konstruieren zunächst ein Bild von der Bewegung von Menschen auf der Oberfläche einer kugelförmigen Erde und leiten dann die Bewegung eines Balls ab.

Was die Lokalisierung der Sonne bei Nacht und bei Einbruch der Dunkelheit angeht, gibt es deutliche Unterschiede. Kinder lokalisieren zuerst die Sonne bei Nacht und verstehen erst später das Phänomen des Einbruchs der Dunkelheit.

Beim Vergleich des Prozesses der Lokalisierung von Objekten, ihrer Bewegung auf der Erdoberfläche und des Phänomens von Tag und Nacht stellte sich heraus, dass Kinder zunächst erkennen, wie sich Menschen auf der kugelförmigen Erde bewegen, und dann Menschen auf der Erde lokalisieren. Als Nächstes lokalisieren sie auch Wolken, die Sonne bei Nacht und Bäume. Schließlich finden sie heraus, wie sich ein getretener Ball

sich bewegt. Das Phänomen der Nacht ist für Kinder jeder Altersgruppe der letzte Punkt. Die hier beschriebene Erklärung scheint jedoch nur für die Antworten/Bilder des EARTH2-Tests zu gelten. Es ist davon auszugehen, dass die Ergebnisse anders ausfallen würden, wenn die Bilder anders wären oder die Reihenfolge der Fragen im Test geändert würde.

4. Diskussion

4.1. Entwicklung des Konzepts der Form der Erde

Untersuchungen unter polnischen Kindern haben gezeigt, dass alle 5-jährigen Befragten die Erde als Kugel bezeichneten, aber zwei Drittel von ihnen gaben die Kugelform nach und nach auf, als sie die Position von Menschen, Bäumen und Wolken erklärten, die Bewegung von Menschen und einem Ball beschrieben und das Phänomen der Nachtanbruch erklärten. Die Anzahl der Kinder, die wissenschaftliche Konzepte verwenden, steigt mit zunehmendem Alter. Es wurde auch festgestellt, dass bei 10-jährigen Kindern immer noch nicht-wissenschaftliche Konzepte bestehen. Dies bestätigt frühere Erkenntnisse [4,5,34].

Es wurde auch festgestellt, dass Kinder zuerst das Konzept einer kugelförmigen Erde und dann die Beziehung zwischen Erde und Sonne entwickeln. Es wurde angenommen, dass das Konzept der Form der Erde dadurch entsteht, dass es nach und nach an die aktuelle Wissensstruktur angepasst wird. Die Reihenfolge der Lösung kognitiver Probleme wurde festgelegt. Es wurde angenommen, dass die Problemlösung die Neufestlegung der Position von Menschen und Objekten auf der Oberfläche und ihrer Bewegung beinhaltet. Es wurde festgestellt, dass Kinder zuerst das Problem lösen, wie sich Menschen auf der Erde bewegen, dann ihren Standort sowie den Standort von Wolken, der Sonne in der Nacht und von Bäumen. Schließlich ordnen Kinder die Bewegung eines getretenen Balls auf der Erde und das Phänomen der Nacht ein. Diese Daten sind noch nicht in akzeptabler Weise bestätigt und müssen überprüft werden, zumal die Ergebnisse durch die Konstruktion des Forschungsinstruments eingeschränkt und von kulturellen Einflüssen abhängig sein können.

Die Forschungsergebnisse könnten bei der Organisation von Bildungsaktivitäten für Kinder zum Aufbau grundlegender astronomischer Konzepte relevant sein. Die Berücksichtigung der Reihenfolge der Probleme, die während organisierter Aktivitäten behandelt werden sollen, könnte zu einer erhöhten Bildungseffektivität beitragen.

4.2. Der Kontext kultureller Unterschiede

Der Kontext kultureller Unterschiede lässt sich beobachten, wenn dieselben Instrumente bei Kindern aus verschiedenen Ländern eingesetzt werden. Ein solcher Vergleich wird von den Autoren des EARTH2-Tests empfohlen [13]. Da die Angaben jedoch ausschließlich nach mentalen Modellen gruppiert wurden [32] und keine Unterscheidung zwischen den Antworten verschiedener Altersgruppen auf den Test getroffen wurde [13,31], ist eine detaillierte Analyse der Daten nicht möglich. Aus diesem Grund beschränkt sich die Analyse auf alle befragten Altersgruppen. Eine vollständige Zusammenfassung der Ergebnisse ist in Tabelle A1 (Anhang A) dargestellt. Die Ergebnisse werden in der Reihenfolge ihrer Erhebung präsentiert.

Form der Erde. Was die erste Frage zur Form der Erde betrifft, so wählten in einer unter niederländischen Kindern durchgeführten Studie 81 % die Kugelform der Erde, während 10 % der Kinder das Hohlkugelmodell angaben [13]. In einer griechischen Studie wählten 94,6 % die Kugel der Erde, während 2,2 % der Befragten das Hohlkugelmodell angaben [31]. Das Kugelmodell der Erde wurde von 98,6 % der polnischen Kinder angegeben, während das Hohlkugelmodell kein einziges Mal genannt wurde. Bei der Kontrollfrage (8) zur Form der Erde wählten in der niederländischen Studie 81 % der Kinder die Kugelform der Erde und 5,5 % das Hohlkugelmodell. In der griechischen Studie lagen die Ergebnisse bei fast 93 % bzw. 5 % und in der polnischen Studie bei 96,6 % bzw. 0,5 %.

Lage von Menschen, Wolken und Bäumen. Ein ähnlicher Unterschied lässt sich bei den Fragen 2, 3 und 5 beobachten. Bei der Frage nach der Lage von Menschen auf der Erde (Frage 2) sind die Unterschiede in der Anzahl der Nennungen wissenschaftlicher Modelle wie folgt: 44,6 % der niederländischen Kinder, 54,3 % der griechischen Kinder und 62,6 % der polnischen Kinder. Bei der Frage nach dem Standort der Wolken (Frage 3) wurden wissenschaftliche Modelle von 45,1 % der niederländischen Kinder, 41,8 % der griechischen Kinder und 60,8 % der polnischen Kinder angegeben. Bei der Frage

nach dem Standort der Bäume (Frage 5) wiesen 42,4 % der niederländischen Kinder und der gleiche Prozentsatz der griechischen Kinder auf das wissenschaftliche Modell hin, während unter den polnischen Kindern etwas mehr als 49,5 % dieses Modell angaben.

Bewegung eines Balls und von Menschen auf der Erde. Bei Frage 4 wiesen fast 40 % der niederländischen und 35 % der griechischen Kinder auf ein Modell hin, bei dem der Ball um die Erde kreist. In Polen waren es mehr als die Hälfte der Befragten (50,5 %). Bei Frage 7 über die Bewegung von Menschen auf der Erde war der Unterschied am größten und betrug 23,9 %. Bei dieser Frage gaben 47,5 % der niederländischen und 58,7 % der griechischen Kinder an, dass Menschen um die Erde herumgehen können, und die gleiche Antwort wurde von mehr als 71,4 % der polnischen Befragten gegeben.

Das Phänomen von Tag und Nacht. Bei Frage 6 über den Standort der Sonne in der Nacht gaben 40 % der niederländischen und griechischen Kinder die richtige Antwort, und 54,3 % der polnischen Kinder gaben die gleiche Antwort. Bei der Kontrollfrage (9) zum Einbruch der Nacht zeigten die Ergebnisse den geringsten Unterschied. Mehr als 12 % der niederländischen Kinder wiesen auf das wissenschaftliche Modell hin, während es unter den griechischen und polnischen Kindern 20,7 % solcher Angaben gab.

Ein Vergleich der Ergebnisse einzelner Testfragen hat gezeigt, dass die Unterschiede zwischen den polnischen und niederländischen Kindern zwischen 7,1 % und 23,9 % lagen und zwischen den polnischen und griechischen Tests zwischen 0,5 % und 19 %. Ein Unterschied von fast 24 % ist echt groß. Man könnte sich fragen, ob das am unterschiedlichen Alter der Kinder liegt, die befragt wurden. Die niederländische Studie wurde mit Kindern von 4 bis 9 Jahren gemacht, die griechische Studie mit Kindern von 6 bis 9 Jahren und die polnische Studie mit Kindern von 5 bis 10 Jahren. Aber der Unterschied im Durchschnittsalter der befragten Kinder scheint dem zu widersprechen. In der niederländischen Studie lag es bei $M = 7,2$, in der griechischen Studie bei $M = 6,9$ und in der polnischen Studie bei $M = 7,6$. Das lässt vermuten, dass nicht das Alter, sondern kulturelle Unterschiede einen so großen Einfluss auf die unterschiedlichen Ergebnisse im Test haben können.

Es ist möglich, dass Unterschiede in den Ergebnissen stark von der Bildung (einschließlich der häuslichen Bildung) oder sogar von Spielzeug beeinflusst werden. In Polen ist es selten, dass Kinder zum Beispiel mit einer Schneekugel spielen. Eine Schneekugel ist eine Kugel, die mit Wasser und weißen Materialstücken gefüllt ist, die beim Schütteln wie fallende Schneeflocken aussehen. Vielleicht benutzen niederländische Kinder dieses Spielzeug häufiger und verbinden sein Design mit dem Bild im Test, das eine hohle Kugel zeigt. Dies könnte erklären, warum in der polnischen Studie keines der Kinder dieses Modell angegeben hat, während es in der niederländischen Studie bis zu 10 % der Kinder waren. Die Unterschiede in den EARTH2-

Testergebnissen bestätigen den Einfluss kultureller Faktoren [6,22–24].

Die relativ geringen Unterschiede in der geografischen Lage zwischen den Ländern, in denen die Studien durchgeführt wurden, lassen vermuten, dass die tatsächlichen Unterschiede in den Ergebnissen noch größer sein könnten, wenn entlegenere Länder oder solche mit eingeschränktem Zugang zu den Medien einbezogen würden. Möglicherweise spielt auch eine Rolle, dass die mentalen Modelle, die die Grundlage des EARTH2-Tests bildeten, in den 1990er Jahren entwickelt wurden. Damals hatten Kinder noch nicht so viel Zugang zu digitalen Informationen wie heute. Das Gleiche könnte auch für die Konsistenz der Hinweise auf bestimmte mentale Modelle gelten. In dieser Hinsicht sind weitere Untersuchungen erforderlich.

4.3. Die Perspektive von Wissen als Theorie oder Wissen als Elemente

Das Hauptziel der bisherigen Forschung war es, die Existenz von mentalen Modellen zu bestätigen oder zu widerlegen. Wenn man die Annahme der Fragmentaristen akzeptiert, dass mentale Modelle sich in allen Testfragen zeigen sollten, reicht es zur Bestätigung dieser These aus, zu sehen, wie viele Kinder in allen Testfragen Antworten markiert haben, die sich auf dasselbe Bild beziehen, das beispielsweise die Erde als Kugel darstellt. Studien, die latente Klassenanalysen [13,31] verwendeten, zeigten deutlich, dass Kinder sich nicht auf eine bestimmte Form der Erde festlegen. Betrachtet man nur die Antworten auf wissenschaftliche Modelle, so haben nur 32 polnische Kinder (7,2 %) in allen Testfragen das wissenschaftliche Modell angekreuzt. Dieses Ergebnis wurde als Beweis für eine geringe Konsistenz der mentalen Modelle gewertet, wodurch die Bedeutung der Perspektive des Wissens als Elemente hervorgehoben wurde. Berücksichtigt man bei der Auswertung der Testantworten/Bilder der Kinder jedoch auch diejenigen, in denen die Erde als Kugel dargestellt wurde, so zeigt sich, dass unter den polnischen Kindern 30 % die gleiche Form der Erde markierten und 5,9 %

eine Ebene Erde markiert haben (außer bei direkten Fragen zur Form der Erde). Das heißt, dass fast 36 % aller Befragten ein konsistentes Modell der Form der Erde beibehalten.

Da sich die obige Zahl auf Kinder bezieht, die anfängliche und wissenschaftliche Modelle dargestellt haben, kann man bei den übrigen Kindern (2/3) davon ausgehen, dass sie sich in einer Übergangsphase befinden. Sie beginnen zu erkennen, dass ihre bestehenden Konzepte unzureichend sind, und werden in ihren Überzeugungen unsicher [1,34]. Sie sind empfänglich für Informationen, die sie von Erwachsenen erhalten. Da sie diese jedoch noch nicht mit ihren menschlichen Erfahrungen verbinden können, tolerieren sie zwei unterschiedliche Konzepte nebeneinander (Dualismus). Der angesehene polnische Pädagoge und Psychologe Stefan Szuman [35] erklärte, dass die Bewusstseinsentwicklung bei Kindern vom gedankenlosen Gebrauch von Phrasen, die sie von anderen gehört haben, zu einer allmählichen Entdeckung ihrer Bedeutungen fortschreitet. Diese Entdeckung findet während der Verwendung der gehörten Ausdrücke statt. Laut Szuman wird sich ein Kind durch die Verbalisierung der gehörten Informationen dieser bewusst und konstruiert durch die Kombination mit menschlichen Erfahrungen Umriss von Konzepten. In der testbasierten Studie stellte sich beispielsweise die Frage, inwieweit Kinder sich bei der Auswahl eines Bildes von der Erfahrung fallender Objekte (der Wirkung der Schwerkraft) leiten ließen und inwieweit sie sich nur von ihrer Vorstellung von einer bestimmten Form der Erde und ihrer Intuition über die Position von Menschen und dem Ball auf der Erde leiten ließen. Es ist unmöglich, allein auf der Grundlage der Ergebnisse des EARTH2-Tests eine eindeutige Antwort zu geben. In der Studie, in der Kinder die Form der Erde mit Plastilin modellierten und Menschen darauf platzierten, wobei sie die Schwerkraft berücksichtigten, gaben sie jedoch Erklärungen ab, indem sie beispielsweise sagten, dass *Menschen nicht fallen, weil es diese Kraft namens Schwerkraft gibt, die sie anzieht*. Ohne über die Schwerkraft unterrichtet worden zu sein, verstehen Kinder sie intuitiv. Sie verwenden das von Erwachsenen gehörte Wort „*Schwerkraft*“, um das Phänomen fallender Objekte zu beschreiben, und vermuten, dass die Anziehungskraft die Ursache ist, obwohl sie deren Funktionsweise noch nicht anhand astronomischer Überlegungen erklären können.

Dualistische Ansichten zeigten sich in Situationen, in denen Kinder sich bewusst waren, dass die Erde kugelförmig ist, ihre persönliche Erfahrung mit der Anziehungskraft (Schwerkraft) aber auf eine Ebene Erde hindeutete. Sie waren noch nicht in der Lage, diese Kraft auf eine kugelförmige Erde zu übertragen, also benutzten sie sie getrennt: unterschiedlich, wenn es um die Position von Menschen, Bäumen und Wolken ging, und unterschiedlich, wenn es um die Bewegung von Menschen und Bällen ging. Sie benutzten die Erklärung, die gerade am besten passte. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erkennen, dass der Dualismus der Ansichten ein Beweis dafür ist, dass ein Kind eine Veränderung seiner Erklärungen durchläuft, was eine natürliche Entwicklungsphase ist, die darauf hindeutet, dass ein Kind von einem Modell zu einem anderen übergeht. In der Übergangsphase kann daher keine Konsistenz der Konzepte erwartet werden. Diese Phase der Klärung bestätigt die Perspektive des Wissens als Elemente. Da 36 % der untersuchten Kinder eine Kohärenz der Ansichten zeigten, scheinen sich die übrigen Kinder in einer Übergangsphase zu befinden.

Die Verknüpfung von Intuitionen mit Konzeptumrissen erscheint aus der Perspektive des Erwachsenen, der auf der konkreten oder formalen Operationsstufe (im Sinne von Jean Piaget) denkt und argumentiert, widersprüchlich. Sie ist jedoch typisch für Kinder, die sich beispielsweise in der Übergangsphase von einer der präoperationalen Denkphasen zur reiferen konkreten Operationsstufe befinden. Studien, die die Konsistenz der Konzepte von Kindern untersuchten [13,31], scheinen die Besonderheit synthetischer Modelle übersehen zu haben. Da sie eine Übergangsphase darstellen, sind sie durch Volatilität gekennzeichnet. In der Studie mit Plastilin [28] zeigte sich diese Volatilität in dualistischen Erklärungen, während sie in der testbasierten Studie möglicherweise in der Auswahl von Bildern zum Ausdruck kam, die verschiedene synthetische Modelle darstellten. Die Tatsache, dass bis zu 30 % der Kinder Bilder auswählten, auf denen die Erde als Kugel dargestellt war, bedeutet jedoch, dass ihre Vorstellungen konsistent waren. Diese Ergebnisse stützen das Konzept der mentalen Modelle (Wissen als Theorie) und Vosniadous [21] Anmerkungen zur Anwendung von Forced-Choice-Instrumenten, die die Generierung interner Modelle einschränken.

Die Studie scheint sowohl die Perspektive des Wissens als Theorie als auch die Perspektive des Wissens als Elemente zu bestätigen. Es scheint also, dass beide Perspektiven verschiedene Stadien desselben Prozesses erklären. Konsistente mentale Modelle spiegeln sich in Konzepten wider, die auf menschlichen Erfahrungen (ursprüngliche Modelle) und solchen basieren, die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen (wissenschaftliche Modelle). Kinder, die diese Modelle präsentieren, scheinen von ihren Überzeugungen überzeugt zu sein [1,34]. Der Ansatz des Wissens als Elemente

erklärt dagegen eine Zwischenstufe, in der Kinder menschliche Erfahrungen mit Informationen kombinieren, die sie von Erwachsenen gehört haben. Synthetische Modelle sind durch Unsicherheit gekennzeichnet, wenn Kinder erkennen, dass ihre aktuelle Erklärung nicht funktioniert, und sie diese aufgeben. Sie scheinen ihre Erklärungen zu konstruieren, indem sie sozusagen starre Verbindungen aufgeben und Wissen in Elemente zerlegen. Sie akzeptieren das Wissen von Erwachsenen unkritisch [35] und lösen im Laufe der Verarbeitung der erhaltenen Informationen (Verbalisieren, Modellieren mit Plastilin, Zeichnen) nachfolgende kognitive Probleme, wobei sie nach und nach ihr Wissen aufbauen. Die Unsicherheit des Kindes über das, was es sagt, nimmt ab, je mehr es sich wissenschaftlichen Konzepten annähert. Der Versuch, den Prozess der Wissenskonstruktion von Kindern durch die Kombination zweier Theorien zu erklären, muss berücksichtigt und empirisch bestätigt werden, zumal die Argumente der Vertreter beider Ansätze relevant zu sein scheinen.

5. Schlussfolgerungen

Dieser Artikel stellt die Abfolge kognitiver Probleme dar, die Kinder beim Aufbau des Konzepts einer kugelförmigen Erde lösen. Die Berücksichtigung dieser Abfolge kann wichtige Auswirkungen auf die Organisation wirksamer pädagogischer Maßnahmen haben.

Die Unterschiede in den EARTH2-Testergebnissen zwischen niederländischen, griechischen und polnischen Kindern zeigen, wie wichtig kulturelle Einflüsse sind. Das ist wichtig, weil sich herausgestellt hat, dass der Forced-Choice-Test selbst auf kleine kulturelle Unterschiede reagiert. Es braucht mehr Forschung, um diese Schlussfolgerungen zu bestätigen oder zu widerlegen.

Außerdem passt die hohe Übereinstimmung der Ansichten (36 %), die bei der Analyse der Beziehung zwischen den einzelnen Antworten im Test festgestellt wurde, zu den Ergebnissen von Vosniadou et al. (2004), dass die Verwendung von Zwangswahl-Tests die Auswahlmöglichkeiten der Kinder einschränkt und das Untersuchungsfeld verengt. Es wurde der Schluss gezogen, dass die Annahme der Autoren des EARTH2-Tests, dass die Konsistenz von Konzepten nur dann festgestellt werden kann, wenn alle Fragen im Test einheitlich beantwortet werden, zu streng erscheint. Es sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Konsistenz der Erklärungen der Kinder durch die Bewertung subtilerer Beziehungen zwischen den Antworten im Test zu überprüfen. Es scheint auch wichtig zu sein, die Ansichten zur Entwicklung von Forschungsinstrumenten und zur Analyse der Ergebnisse zu überarbeiten.

Finanzierung: Diese Forschung wurde vom Nationalen Wissenschaftszentrum (Polen) finanziert, Fördernummer 2017/01/X/HS6/01980.

Erklärung der Ethikkommission: Die ethische Überprüfung und Genehmigung wurde für diese Studie ausgesetzt, da sie Teil eines Projekts ist, für das die ethische Genehmigung vom Nationalen Wissenschaftszentrum (Polen) eingeholt wurde.

Einverständniserklärung: Alle an der Studie beteiligten Personen haben ihre Einwilligung gegeben.

Erklärung zur Verfügbarkeit der Daten: Die Daten sind aufgrund von Einschränkungen, z. B. aus Datenschutz- oder ethischen Gründen, auf Anfrage erhältlich. Die ausgefüllten Tests der Kinder sind aus Gründen des Datenschutzes der Teilnehmer nicht öffentlich zugänglich.

Interessenkonflikte: Die Geldgeber hatten keinen Einfluss auf die Gestaltung der Studie, die Erhebung, Analyse oder Interpretation der Daten, das Verfassen des Manuskripts oder die Entscheidung, die Ergebnisse zu veröffentlichen.

Anhang A

Tabelle A1. Prozentsatz der Bildauswahl nach Altersgruppe.

Frage	Land	Mentale Modelle					
		Ebene Erde	Hohl	Doppelt	Abgeflacht	Keine Schwerkraft	Wissenschaftlich
1. Was macht die Erde wie sieht das aus?	NL	4,5	10,3	2,9	1,3	-	81,0
	GR	1,1	2,2	2,2	0,0	-	94,6
	PL	0,2	0,0	0,9	0,2	-	98,6
2. Welches Bild zeigt Am besten dort, wo die Menschen leben auf der Erde? (3)	NL	16,1	11,6	-	3,4	24,3	44,6
	GR	12,0	13,0	-	1,1	19,6	54,3
	PL	8,0	5,9	-	1,0	22,3	62,6
3. Welches Bild zeigt am besten, wenn die Wolken sind?	NL	7,7	8,2	-	1,6	37,5	45,1
	GR	9,8	16,3	-	0,5	31,5	41,8
	PL	3,6	3,8	-	0,2	31,5	60,8
4. Welches Bild zeigt am besten, was passiert, wenn Ein Riese tritt einen Ball Schwierig?		Fällt aus dem Erde	Fällt nicht ab von der Erde				
	NL	8,5	10,1	5,8	-	9,3	39,9
	GR	7,1	10,9	6,5	-	5,4	35,3
	PL	2,9	7,9	7,7	-	3,6	50,5
5. Welches Bild zeigt Am besten dort, wo die Bäume stehen auf der Erde?	NL	18,3	9,5	-	4,2	25,5	42,4
	GR	12,0	14,1	-	1,1	30,4	42,4
	PL	13,7	7,7	-	1,4	27,7	49,5
6. Wo steht die Sonne um Nacht?		Wolken	Sonnenuntergang				
	NL	15,6	29,6	5,0	-	9,0	40,9
	GR	3,8	42,9	7,6	-	6,0	39,7
	PL	8,9	19,6	7,4	-	10,4	54,3
7. Was passiert, wenn du auf einer geraden Lange Zeit in der Schlange gestanden?		Fällt vom die Erde	Fällt nicht von der Erde				
	NL	11,3	9,8	5,8	-	5,5	47,5
	GR	3,3	9,8	10,3	-	1,1	58,7
	PL	2,3	6,5	8,1	-	2,0	71,4
8. Welches Bild am ehesten der Erde ähnlich?	NL	3,2	5,5	5,5	4,7	-	81,0
	GR	1,1	4,9	0,5	0,5	-	92,9
	PL	1,1	0,5	0	1,8	-	96,6
9. Welches Bild zeigt Wie schön, wenn die Nacht hereinbricht?		Wolken	Sonnenuntergang				
	NL	21,6	38,3	9,2	-	18,2	12,7
	GR	10,3	40,8	8,7	-	19,0	21,2

Referenzen

- Vosniadou, S.; Brewer, W.F. Mentale Modelle der Erde: Eine Studie zum konzeptuellen Wandel in der Kindheit. *Cogn. Psychol.* **1992**, *24*, 555–585. [\[CrossRef\]](#)
- Di Sessa, A.A. Wissen in Teilen. Ein sich entwickelnder Rahmen zum Verständnis von Wissen und Lernen. In *Konvergierende Perspektiven zum konzeptuellen Wandel: Kartierung eines sich abzeichnenden Paradigmas in den Lernwissenschaften*; Amin, T.G., Levini, O., Hrsg.; Routledge: New York, NY, USA, 2017; S. 9–16. ISBN 978-1-138-20540-6.
- Clark, D.B. Längsschnittliche konzeptuelle Veränderung im Verständnis von Schülern zum thermischen Gleichgewicht: Eine Untersuchung des Prozesses der konzeptuellen Umstrukturierung. *Cogn. Instr.* **2006**, *24*, 467–563. [\[CrossRef\]](#)
- Frède, V. Verständnis des Tag-Nacht-Zyklus bei französischen und kamerunischen Kindern im Alter von 7–8 Jahren. *Cult. Stud. Sci. Educ.* **2018**, *14*, 587–615. [\[CrossRef\]](#)
- Bar, V.; Brosh, Y.; Sneider, C. Gewicht, Masse und Schwerkraft: Schwellenkonzepte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Sci. Educ.* **2015**, *24*, 1–14.
- Özsoy, S. Ist die Erde eben oder rund? Das Verständnis von Grundschulkindern vom Planeten Erde: Der Fall türkischer Kinder. *Int. Electron. J. Elem. Educ.* **2012**, *4*, 407–415.
- Kampeza, M.; Ravanis, K. Wie man die Vorstellungen von Vorschulkindern über geophysikalische Einheiten und physische Geografie verändert. *Rev. Sci. Math. Ict Educ.* **2009**, *3*, 141–158.

8. Nussbaum, J.; Novak, J.D. Eine Bewertung der Vorstellungen von Kindern über die Erde mithilfe strukturierter Interviews. *Sci. Educ.* **1976**, *60*, 535–550. [CrossRef]
9. Sneider, C.; Pulos, S. Kinderkosmologien: Verständnis der Form und Schwerkraft der Erde. *Sci. Educ.* **1983**, *67*, 205–221. [CrossRef]
10. Panagiotaki, G.; Nobes, G.; Banerjee, R. Kinder und ihre Vorstellungen von der Erde: Ein methodischer Vergleich. *Br. J. Dev. Psychol.* **2006**, *24*, 353–372. [CrossRef]
11. Saçkes, M.; Smith, M.M.; Trundle, K.C. Beobachtungswissen von Vorschulkindern in den USA und der Türkei über Astronomie. *Int. J. Sci. Educ.* **2016**, *38*, 116–129. [CrossRef]
12. Panagiotaki, G.; Nobes, G.; Potton, A. Mentale Modelle und andere Fehlvorstellungen im Verständnis von Kindern über die Erde. *J. Exp. Child Psychol.* **2009**, *104*, 52–67. [CrossRef]
13. Straatemeier, M.; van der Maas, H.L.; Jansen, B.R. Das Wissen von Kindern über die Erde: Ein neuer methodischer und statistischer Ansatz. *J. Exp. Child Psychol.* **2008**, *100*, 276–296. [CrossRef] [PubMed]
14. Wellman, H.M.; Gelman, S.A. Kognitive Entwicklung: Grundlegende Theorien zu Kernbereichen. *Annu. Rev. Psychol.* **1992**, *43*, 337–375. [CrossRef] [PubMed]
15. Carey, S. Quellen des konzeptuellen Wandels. In: *Konzeptuelle Entwicklung: Piagets Vermächtnis*; Die Jean-Piaget-Symposium-Reihe; Lawrence Erlbaum Associates Publishers: Mahwah, NJ, USA, 1999; S. 293–326. ISBN 978-0-8058-2500-8.
16. Ioannides, C.; Vosniadou, S. Die sich wandelnde Bedeutung von Kraft. *Cogn. Sci. Q.* **2002**, *2*, 5–62.
17. Özdemir, G.; Clark, D.B. Ein Überblick über Theorien zum konzeptuellen Wandel. *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.* **2007**, *3*, 351–361. [CrossRef]
18. Vosniadou, S. Erfassen und Modellieren des Prozesses des konzeptuellen Wandels. *Learn. Instr.* **1994**, *4*, 45–69. [CrossRef]
19. Murray, E.; Piaget, J.; Tomlinson, A.; Tomlinson, J. Die Vorstellung des Kindes von der Welt. *Am. J. Psychol.* **1931**, *43*, 154. [CrossRef]
20. Posner, G.J.; Strike, K.A.; Hewson, P.W.; Gertzog, W.A. Anpassung einer wissenschaftlichen Vorstellung: Auf dem Weg zu einer Theorie des konzeptuellen Wandels. *Sci. Educ.* **1982**, *66*, 211–227. [CrossRef]
21. Vosniadou, S.; Skopeliti, I.; Ikospentaki, K. Arten des Wissens und Denkweisen in der elementaren Astronomie. *Cogn. Dev.* **2004**, *19*, 203–222. [CrossRef]
22. Samarapungavan, A.; Vosniadou, S.; Brewer, W.F. Mentale Modelle von Erde, Sonne und Mond: Kosmologien indischer Kinder. *Cogn. Dev.* **1996**, *11*, 491–521. [CrossRef]
23. Diakidoy, I.-A.; Vosniadou, S.; Hawks, J.D. Konzeptuelle Veränderung in der Astronomie: Modelle der Erde und des Tag-Nacht-Zyklus bei amerikanischen Indianerkindern der „...“. *Eur. J. Psychol. Educ.* **1997**, *12*, 159–184. [CrossRef]
24. Nobes, G.; Moore, D.G.; Martin, A.E.; Clifford, B.R.; Butterworth, G.; Panagiotaki, G.; Siegal, M. Das Verständnis von Kindern von der Erde in einer multikulturellen Gemeinschaft: Mentale Modelle oder Wissensfragmente? *Dev. Sci.* **2003**, *6*, 72–85. [CrossRef]
25. Barnett, M.; Wagner, H.; Gatling, A.; Anderson, J.; Houle, M.; Kafka, A. Der Einfluss von Filmen der Wissenschaftlichen Fiktion auf das Verständnis von Wissenschaft durch Schüler. *J. Sci. Educ. Technol.* **2006**, *15*, 179–191. [CrossRef]
26. Vosniadou, S. Fehlvorstellungen von Schülern und naturwissenschaftlicher Unterricht. Online verfügbar: <https://oxfordre.com/education/view/10.1093/acrefore/9780190264093.001.0001/acrefore-9780190264093-e-965> (Zugriff am 5. Januar 2021).
27. Vosniadou, S.; Archontidou, A.; Kalogiannidou, A.; Ioannides, C. Wie griechische Kinder die Form der Erde verstehen: Eine Studie über konzeptuelle Veränderungen in der Kindheit. *Psychol. Issues* **1996**, *7*, 30–51.
28. Jelinek, J.A. Kinderastronomie. Die Form der Erde, die Lage der Menschen auf der Erde und der Tag-Nacht-Zyklus nach polnischen Kindern im Alter von 5 bis 8 Jahren. *Rev. Sci. Math. ICT Educ.* **2020**. In Kürze erscheinende Artikel. [CrossRef]
29. Vosniadou, S.; Brewer, W.F. Mentale Modelle des Tag-Nacht-Zyklus. *Cogn. Sci.* **1994**, *18*, 123–183. [CrossRef]
30. Siegal, M.; Butterworth, G.; Newcombe, P.A. Kultur und die Kosmologie von Kindern. *Dev. Sci.* **2004**, *7*, 308–324. [CrossRef]
31. Vaiopoulou, J.; Papageorgiou, G. Vorstellungen von Grundschulern über die Erde: Überprüfung einer grundlegenden Forschungshypothese über mentale Modelle. *Presch. Prim. Educ.* **2018**, *6*, 23. [CrossRef]
32. Yıldız, E.; Özgül, S.G.; Saçkes, M. Bütünleşik, filmi, fen ve türkçe etkinliklerinin okul öncesi çocuklarının dünya'nın şekli ve gece gündüz kavramlarını anlayışlarına etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Sos. Bilimler Enstitüsü Derg.* **2019**, *22*, 155–171. [CrossRef]
33. Vygotsky, L. *Denken und Sprache*; The MIT Press: London, Großbritannien, 1986; ISBN 978-0-262-22029-3.
34. Bryce, T.G.K.; Blown, E.J. Kinder und ihre Vorstellungen von der Form und Größe der Erde, der Sonne und des Mondes. *Int. J. Sci. Educ.* **2013**, *35*, 388–446. [CrossRef]
35. Szuman, S. *Ausgewählte Werke. Studien zur psychischen Entwicklung des Kindes*; PWN: Warschau, Polen, 1985.